PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number:

2000-058892

(43) Date of publication of application: 25.02.2000

(51)Int.CI.

H01L 31/04

(21)Application number: 11-151847

(71)Applicant: KANEGAFUCHI CHEM IND CO LTD

(22)Date of filing:

31.05.1999

(72)Inventor: TAWADA HIROKO

NAKAJIMA AKIHIKO

YOSHIMI MASASHI

(30)Priority

Priority number: 10151049

Priority date: 01.06.1998

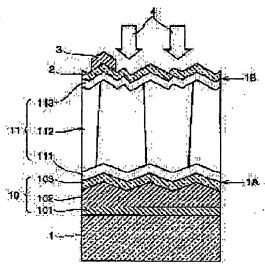
Priority country: JP

(54) SILICON BASED THIN FILM PHOTOELECTRIC CONVERTER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enhance the performance while reducing the cost of a photoelectric converter having a crystalline silicon based thin film photoelectric converting layer formed by a plasma CVD employing a low temperature process.

SOLUTION: The silicon based thin film photoelectric converter comprises a substrate 1, a rear surface electrode 10 having a light reflecting metallic film 102, at least one silicon based photoelectric converting unit 11, and a surface transparent electrode 2 wherein at least one of the light reflecting metallic film 102 or the surface transparent electrode 2 has a corrugated surface on the side of the silicon based photoelectric converting unit. Corrugation is in the range of $0.01-2~\mu$ m and the pitch is in the range of 1-25 times of corrugation.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

許公報(4) 华 噩 ー は 窓 (19) 日本国格群庁 (JP)

特開2000-58892 (11)特許出觀公開每号

(P2000-58892A)

(43)公開日 平成12年2月25日(2000.2.25)

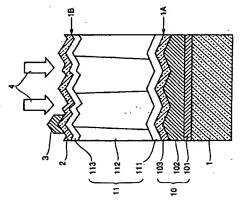
審査請求 未謝求 謝求項の数14 〇1、(全 9 頁)

(21)出版番号	特爾平11-151847	(71) 出國人 00000941	176000000
			量閒化学工業株式会社
(22) 出版日	平成11年5月31日(1999.5.31)		大阪府大阪市北区中之島3丁目2番4号
		(72) 発明者	多粒田 格子
(31) 優先権主強番号	特配平10-151049		兵庫県明石市西明石北町3丁目3-28-
(32) 優先日	平成10年6月1日(1998.6.1)		201
(33)優先權主張因	日本 (JP)	(72) 発明者	伊斯 超級
			兵庫県超路市節聯区城南町1丁目20-3-
			503
		(72) 発明者	吉見 雅士
			兵庫県神戸市須盟区北蔣合1-1-324-
			403
		(74) 代理人 100064746	100064746
			弁理士 祭見 久郎 (外2名)

ツリコン条導観光電変複装置 (54) [発明の名称]

(51) [聚和]

ピッチが高低差より大きくかつその25倍以下の範囲内 1、光反射性金属膜102を有する裏面電極10、少な くとも1つのシリコン系光電変換ユニット11、および 前面透明電極2を含み、光反射性金属膜102および前 面透明電極2の少なくとも一方はシリコン系光電変換ユ ニット団の面において表面凹凸形状を有し、凹凸の高低 2 か 0 0 1 2 $^{\mu}$ $^{\mu}$ 【課題】 ブラズマCVD法による低過プロセスを用い て形成される結晶質シリコン系薄膜光電変換層を含む光 【解決手段】 シリコン系再膜光電変換装置は、基板 **電変換装置の低コスト化と商性能化を図る。**



[特許額次の範囲]

陶、少なくとも1つのシリコン系光虹変換ユニット、お (請求項1) 基板、光反射性金属膜を有する裏面電

面凹凸構造を有し、凹凸の高低差かり. 0 1~2 μmの も1つはシリコン系光電変換ユニット側の面において装 **範囲内にあるとともに、凹凸のピッチが前記商低差より** 大きくかつその25倍以下の範囲内にあることを特徴と 前記光反射性金属膜および前記前面透明電極の少なくと **するシリコン系薄膜光電変換装置。**

か0.01~2 mmの億田内にあるとともに、回凸のど ッチが前記高低差より大きくかつその25倍以下の範囲 内にあることを特徴とする請求項1に記載のシリコン系 【覇求頃2】 前記光反射性金属膜のシリコン系光電変 換ユニット側の面が表面凹凸構造を有し、凹凸の髙低差 蒋膜光虹变换装配。

ユニット側の面が装面凹凸構造を有し、凹凸の高低差が チが前記商伍差より大きくかつその25倍以下の範囲内 【翻求項3】 前記前面透明電極のシリコン系光電変換 **0. 0 1~2μmの範囲内にあるとともに、凹凸のビッ** にあることを特徴とする精求項1に記載のシリコン系薄 **賈光電変換装置。**

【翻求項4】 前記光反射性金属膜と前記前面透明電極 の両者のシリコン系光電変換ユニット側の面が表面凹凸 かつその25倍以下の範囲内にあることを特徴とする語 構造を有し、凹凸の商低差が0. 01~2μmの範囲内 にあるとともに、凹凸のピッチが前記高低差より大きく **東国 1 に記載のシリコン系薄膜光虹変換装置。** 【羇求項5】 前記光反射性金属膜または前記前面透明 **電極のシリコン系光電変換ユニット側の面の表面凹凸橋** 造は実質的に鋭角的な突起を含まない曲線であることを 特徴とする類求項 1から4のいずれかに記載のシリコン 系薄膜光電変換装置。

電極のシリコン系光電変換ユニット側の面の表面凹凸構 造は実質的に屈曲点を含まない曲線であることを特徴と する語求項1から4のいずれかに記載のシリコン系海膜 光電変換装置。

ット側に透明導電性酸化膜を含むことを特徴とする鯖状 【静求項7】 前記裏面電極はシリコン系光電変換ユニ 項1から4のいずれかに記載のシリコン系薄膜光電変換 【樹水頃8】 前記光電変換ユニットの少なくとも1つ は1導電型層と、結晶質シリコン系光電変換層と、逆導 **電型層とを含むことを特徴とする請求項1から4のいず** れかに記載のシリコン系薄膜光電変換装置。 00 nmの範囲内の波長の光に対して95%以上の高い 反射率を有することを特徴とする樹水頃 1から4のいず

れかに記載のシリコン系薄膜光電変換装置。

【精求項9】 前記裏面電極中の金属膜は500~12

れを含む合金によって形成されていることを特徴とする **群求項1から4のいずれかい記載のシリコン承薄膜光色** u、A1、CuおよびPtから選択された1つまたはそ 前記裏面電極中の金属機はAg、A [精水項10] 变换装置。

【請求項11】 前記義面電極中の金属膜のうち、前記 透明導電性酸化膜との界面はAB、Au、A1、Cuお って形成されていることを特徴とする請求項7に記載の よびP t から選択された 1 つまたはそれを含む合金によ シリコン系薄膜光電変換装配。

と、その膜面に平行な(110)の優先結晶配向面を有 とを特徴とする請求項8に記載のシリコン系薄膜光電変 る (111) 回析ピークの強度比が0.2以下であるこ 80%以上の体積結晶化分率と、1~30原子%の範囲 し、そのX級回折における(220)回折ピークに対す 【精求項12】 前記結晶質シリコン系光電変換層は4 00℃以下の下地温度の下に形成されたものであって、 内の水茶合有量と、0.5~20μmの範囲内の厚さ

【精求項13】 前記シリコン系光電変換装配は、前記 結晶質シリコン系光電変換器を含む結晶質光電変換ユニ ットに加えて、非晶質シリコン系光電変換層を含む非晶 質光電変換ユニットの少なくとも 1つが積層されたタン デム型であることを特徴とする請求項8に記載のシリコ ン系薄膜光電変換装置。

【精求項14】 光反射性金属膜を有する裏面電極、少 なくとも 1 つのシリコン系光電変換ユニット、および前 **団透明電極は基板上にこの順序で積層されることと特徴** とする辞求項 1 から 1 3のいずれかに記載のシリコン系 筹膜光虹变換装配。

【発明の詳細な説明】

[0001]

関し、特に、シリコン系薄膜光電変換装置の低コスト化 【発明の属する技術分野】本発明は薄膜光電変換装置に と性能改善に関するものである。

る。これらの開発は、安価な基板上に低温プロセスで良 ンや徴結晶シリコンのような結晶質シリコンを含む海膜 を利用した光電変換装置の開発が精力的に行なわれてい 質の結晶質シリコン薄膜を形成することによって光電変 【従来の技術】近年、シリコン薄膜、特に多結晶シリコ **換装置の低コスト化と商性能化を両立させようという試** みであり、太陽低池だけではなくて光センサ毎のさまざ まな光電変換装置への応用が期待されている。なお、本 の用語は、海膜光電変換装置の技術分野において通常用 いられているように、部分的に非晶質を含むものをも意 **顔明細曲において「多結晶」と「微結晶」と「結晶質」** [0002]

【0003】しかし、光虹変換層が薄膜である場合、そ の光吸収係数の小さな長波長領域の光に対して十分な吸 味するものとする。

3

283432号公報などに関示されており、光電変換 (数面テクスチャ) 構造を設け、それによって光を光電 変換ユニット内へ散乱させ、さらに金属電極で反射され た光を乱反射させる工夫もなされている。上記のように 表面テクスチャ構造を有する透明電極を含む光電変換装 置は、たとえば特公平6-12840号公報、特開平7 [0004]また、光入射側の透明電極にも表面凹凸 効率が向上することが記載されている。

コン系光電変換ユニットは、シリコン系薄膜からなる光 電変換層と導電型閥を含んでいる。不純物がドーブされ がって、このような光電変換に寄与しない不純物による 光吸収を低減して光電変換層への入射光を増大させるた 【発明が解決しようとする課題】ところで、遊膜多結晶 めには、苺電型層の膜厚を必要最小限まで薄くすること シリコン太陽気池に代表的に用いられているようなシリ た尊電型周は、そのドーブされた不純物による光吸収に よって光電変換層への入射光の減少を引き起こす。した

ましい乱反射を生じ得る表面凹凸構造を有する前面透明 な欠陥が生じやすく、得られる太陽電池の関放端電圧の 【0006】このような状況下において、本発明者たち は、光電変換層内における光吸収を増大させるために好 電極や裏面電極を用いる場合に、それらに接する光電変 換ユニットにおける薄い専電型圏に機械的および電気的 低下や短絡による歩留まりの低下を招くという問題かあ ることを見出した。

な先行技術における課題に鑑み、本発明は、安価な基板 生産歩留まりの低下を招くことなく光閉じ込め効果によ が使用可能な低温プロセスのみを用いて形成されるシリ コン系蔣膜光電変換装置において、開放端電圧の低下や 【0007】本発明者たちによって見出されたこのよう る光電変換特性の改善を図ることを目的としている。 [0008]

摸光電変換装置においては、裏面電極または前面透明電 「課題を解決するための手段」本発明者たちか見出した **剧をプラズマCVD法にて低温で形成するシリコン系薄** 極の光電変換ユニット側の面に形成される表面凹凸構造 上述の課題を解決すべく検討を重ねた結果、光電変換ユ **パットに包まれる半導体接合を構成するすくれの半導体** における凹凸の高低差とピッチを制御することによっ

て、高い朋放端電圧を得ることができかつ光電変換圏に おける光吸収量が増大する高性能の薄膜光電変換装置が 得られることが見出された。 【0009】すなわち、本発明によるシリコン系薄膜光 極、少なくとも1つのシリコン系光電変換ユニット、お よび前面透明電極を含み、光反射性金属膜および前面透 明電極の少なくとも一方はシリコン系光電変換ユニット 関の面において表面凹凸構造を有し、凹凸の高低差か 電変換装置は、基板、光反射性金属膜を有する裏面電

を光電変換ユニット内へ散乱反射させる工夫がなされて

した光をより有効に利用するために、光反射率の高い金 **禹昭を光電変換ユニットの裏側に設け、この金属層に表** 面凹凸(表面テクスチャ)構造を設けることによって光 $0.01 \sim 2 \mu$ mの範囲内にあるとともに、凹凸のビッ チが砧低差より大きくかつその25倍以下の範囲内にあ ることを特徴としている。ここで、装面の凹凸の高低差 とは凸部と凹部の高さの差の平均値を扱わし、ピッチと は隣接する凸部と凸部または凹部と凹部の間の平均距離 を扱わしている。

低差か $0.01\sim 2\mu$ mの範囲内にあるとともに、凹凸 【0010】本発明では光反射性金属膜のシリコン系光 電変換ユニット側の面が表面凹凸構造を有し、凹凸の高 のピッチが前記高低差より大きくかつその25倍以下の **筑田内にあることを特徴とするシリコン系薄膜光電変換** 接置であってよい。

0000

【0011】また、前面透明電極のシリコン系光電変換 ニット側の面が表面凹凸構造を有し、凹凸の高低差が 0.01~2 mmの範囲内にあるとともに、凹凸のビッ ト が前記高低差より大きくかつその25倍以下の範囲内 にあることを特徴とするシリコン系蔣膜光電変換装置で あってよい。

表面凹凸構造を有し、凹凸の高低差が0.01~2 mm 【0012】これらの太陽電池は光反射性金属膜と前面 送明電極の両者のシリコン系光電変換ユニット側の面が の範囲内にあるとともに、凹凸のピッチが前配高低差よ り大きくかつその25倍以下の範囲内にあることを特徴 【0013】光反射性金属膜または前面透明電極のシリ コン系光電変換ユニット側の面の表面凹凸構造は、実質 的に鋭角的な突起を含まない曲線であることが好まし とするシリコン系薄膜光電変換装置であってもよい。

【0014】また、光反射性金属膜または前面透明電極 い。なお屈曲点とは曲線の傾きが不連続的に変化する点 は、実質的に屈曲点を含まない曲線であることが好まし のシリコン系光電変換ユニット側の面の表面凹凸構造

[0015]ところで、金属層とその上の酸化亜鉛(Z リコン系光電変換ユニットを堆積させた光電変換装置が 近年数多く試みられており、たとえば特開平3-994 nO)等の透明導電性酸化物層とを含む裏面電極上にシ 77;特期平7-263731;IEEE 1st World Conf. 4); Applied Physics Letters, Vol. 70, p. 2975 (1 997) などにおいて報告されている。このように、裏面 on Photovoltaic Energy Conversion, p. 405 (199

ン系光電変換ユニットの間に透明導電性酸化膜が含まれ 電極の金属層とシリコン系光電変換ユニットとの間に遊 明導電性酸化物層を介在させることによって、それらの 間の熱膨張係数の相違による熱重みを緩和し、かつ金属 ることを防止し得る。その結果、得られる光電変換装置 の歩留まりと信頼住か向上するのみならず、光感度が改 原子がシリコン系光亀変換ユニット内へ拡散して混入す 本発明においても、このように光反射性金属膜とシリコ **善されて光電変換特性も向上することが知られている。**

くとも1つが1均電型層と、結晶質シリコン系光電変換 [0016] 本発明において、光電変換ユニットの少な **問と、逆導電型層とを含む場合に本発明の効果が顕著に**

【0017】本発明による光電変換装置において、金属 **模は、500~1200mmの範囲内の波長の光に対し** [0018] より具体的には、金属膜は、AB、Au、 て95%以上の高い反射率を有することが好ましい。

ットの間に通明導電性酸化膜が含まれている場合、金属 膜のうち、透明導電性酸化膜との界面はAg、Au、A A1、CuおよびPtから遊択された1つまたはそれを l、CuおよびPtから選択された1つまたはそれを含 【0019】光反射性金属膜とシリコン系光電変換ユニ 含む合金によって形成されていることが好ましい。

む合金によって形成されていることが好ましい。

合、それは400℃以下の下地温度の下に形成されたも のであって、80%以上の体徴結晶化分率と、1~30 原子%の範囲内の水素含有量と、0.5~20μmの範 **囲内の厚さと、その膜面に平行な(110)の優先結晶** 配向面を有し、そのX線回折における(220)回折ビ **一クに対する(111)回折ピークの強度比が0.2以** [0020] 結晶買シリコン系光電変換層を用いる場 下であることが好ましい。

非品質シリコン系光電変換層を含む光電変換ユニットの 【0021】また、本発明の光電変換装置は、結晶質シ 少なくとも 1 つが街層されたタンデム型にされていても リコン系光電変換層を含む光電変換ユニットに加えて、

つのシリコン系光電変換ユニット、および前面透明電極 【0022】本発明によるシリコン系蔣膜光電変換装置 では、光反射性金属膜を有する裏面電極、少なくとも1 を基板上にこの頃序で積屑されていてもよい。 [0023]

て、本発明の第1の実施の形盤によるシリコン系薄膜光 電変換装图が説明される。この光電変換装图の基板1に 【発明の実施の形態】図1の模式的な断面図を参照し は、ステンレス等の金属、有機フィルム、セラミック 【0024】基板1上に配配される裏面電極10とし ス、または低跑点の安価なガラス等が用いられ得る。

て、光反射性金属膜102が形成される。裏面電極10

としては光反射性金属膜102と透明導電性酸化膜10 真空蒸着またはスパッタ等の方法によって基板1上に形 成することができる。反射性金属膜102は、AB、A えば、ガラス基板1上に光反射性の高いAB图102を 100~330℃の範囲内の基板温度、より好ましくは 200~300℃の基板温度の下に真空蒸増法によって お、このようなTi磨101も、蒸着またはスパッタに よって形成することができる。透明導電性酸化膜103 0 2との頃に2 0~5 0 nmの範囲内の厚さを有するT i 图101を挿入することにより、ガラス甚板1とAg u、A1、CuおよびPtから選択された1つまたはそ **れを含む合金によって形成されることが好ましい。たと** 形成することができる。また、ガラス基板1とAB周1 3を含む複合層が好ましい。光反射性金属膜102は、 图102との間の付着性を向上させることができる。 としては酸化亜鉛が好ましい。

よって凹凸構造に加工し、その凹凸構造を自分自身の上 【0025】反射性金属膜102の上表面における凹凸 に凹凸表面を有する透明等電性酸化物層(図示せず)を **堆積した後に、その凹凸構造を自分自身の上装面に伝達** し得るような薄い金属膜102を形成することによって **表面に伝達し得るような薄い金属膜 1 0 2 を形成するこ** とによって得ることができる。この代わりに、基板1上 構造は、たとえば、基板1の表面を予めエッチング等に も得られる。

角的な突起を含まないことが好ましく、実質的に屈曲点 面凹凸構造は、金属膜102の断面のTEM(透過型電 子顕微鏡)写真やAFM(原子間力顕微鏡)による装面 [0026]光反射性金属膜102の表面凹凸構造にお ともに、凹凸のピッチはその商低差より大きくて25倍 しく、0.01~0.5 4がさらに好ましく、0.02 ~0. 1 μが特に好ましい。凹凸のビッチの具体的範囲 は0. 3~1 µにあることが好ましく、0. 5~0. 8 ムにあることがより好ましい。また、凹凸断面形状は鋭 を含まないことがさらに好ましい。なお、このような妻 以下である。凹凸の高低差は0.01~1μかより好ま **ける凹凸の砧低澄は 0.01~2μmの範囲内にあると** 現察によって測定され得る。

凸部の角度が鋭くなり、その上に堆積されるシリコン系 ず、最終的に得られる光電変換装置の開放端電圧や製造 [0027] 反射性金属膜102の表面凹凸構造におい て、凹凸の高低差かピッチに対して大き過ぎれば凹部と 歩留まりの低下を招く。すなわち、反射性金属膜102 の表面凹凸構造における凹凸の高低差とピッチに関して **最適値が存在し、凹凸の商低差に対して十分な間隔のビ** ッチを付与して凹部と凸部の角度を綴やかにすることに このような知見に基づいて、本発明で規定するような高 低差とピッチを含む表面凹凸構造を有する光反射性金属 よって、高い開放端電圧が得られることが見出された。 光電変換ユニット中の半導体接合の形成かうまくいか

3

图102を利用することによって、開放端電圧の低下や 製造歩留まりの低下を伴うことなく、光閉じ込め効果を [0028]光反射性金属膜102上に形成される透明 しい。光電変換ユニット11に隣接して配置される通明 **専電性酸化膜103の平均結晶粒径は100nm以上で** 50℃の範囲内の下地温度の下で透明等電性酸化模10 3を形成することが望まれる。なお、2 n O を主成分と する透明等電性酸化膜103の膜厚は50nm~1μm の範囲内にあることが好ましく、その比抵抗は1.5× が好ましく、中でも ZnOを主成分とする膜が特に好ま ら遊択された少なくとも 1以上の層から形成されること あることが好ましく、それを満たすためには100~4 **専電性酸化膜103は、ITO、SnO2、ZnO等か** 改善して高性能の光電変換装田を得ることができる。 10-3gcm以下であることが好ましい。

【0029】裏面電極10上には、シリコン系光電変換 ユニット11が形成される。この光電変換ユニット11 に合まれるすべての半芍体困か、400℃以下の下地温 プラズマCVD法としては、一般によく知られている平 行平板型のRFプラズマCVDを用い得る他、周波数か 150MHz以下のRF帯からVHF帯までの高周波電 度の条件の下にプラズマCVD法によって堪積される。 **顔を利用するプラズマCVDを用いてもよい。**

[0030] 裏面電極10上には、まず光電変換ユニッ ト11に含まれる1単電型图111が堆積される。この | 時電型圏 | 11としては、たとえば専電型決定不純物 原子であるリンがドーブされたn型シリコン系薄膜、ま たはポロンがドープされたp型シリコン系薄膜などが用 いられ得る。しかし、この1 苺電型層 1 1 1 についての これらの条件は限定的なものではなく、不純物原子とし の他に非晶質シリコンカーバイドや非晶質シリコンゲル マニウム等の合金材料の他に、多結晶もしくは部分的に 非品質を含む微結晶のシリコンまたはその合金材料を用 いることもできる。なお、盛まれる場合には、堆積され たこのような1苺電型図111にパルスレーザ光を照射 することにより、その結晶化分率や導電型決定不純物原 た、1 導電型圏 1 1 1 の材料としては、非晶質シリコン ては、たとえばn型層においては窒素等でもよい。ま 子によるキャリア資度を制御することもできる。

[0031] 1 海電型圏 1 1 1 上には、光電変換圏 1 1 2 として、非品質シリコン系薄膜光電変換層または結晶 買シリコン系導膜光電変換層が堆積される。結晶質シリ コン系光電変換層112としては、ノンドープの真性半 尊体の多結晶シリコン薄膜や体換結晶化分率が80%以 上の徴結晶シリコン膜、または微量の不純物を含む弱り **望もしくは弱n型で光電変換機能を十分に備えているシ** リコン系海膜材料が用いられ得る。しかし、この光電変 換图112はこれらに限定されず、シリコンカーバイド やシリコンゲルマニウム等の合金材料を用いて形成され

電変換層112の場合はその厚さが0、 $1{\sim}2$ μ mの範 **にあることが好ましい。他方、結晶質シリコン系薄膜光** 一~20 4日の範囲内にある。非晶質シリコン系薄膜光 囲にあることが好ましく、0.15~0.5µmの癌囲 [0032] このような光電変換層112の厚きは0. 電変換層112としての必要かつ十分な膜厚の範囲は

結晶配向面を有し、そのX級回折における (220)回 2は400℃以下の低温で形成されるので、結晶粒界や を多く合み、その水素含有量は1~30原子%の範囲内 2に含まれる結晶粒の多くは下地間から上方に柱状に延 びて成長しており、その膜面に平行に(110)の優先 粒内における欠陥を終始または不活性化させる水素原子 にある。さらに、結晶質シリコン系導膜光電変換图11 5~20μmである。また、結晶質光電変換層11 **ドパークに対する(111)回花パークの強度力は0.** 2以下であることが好ましい。

とえば導電型決定不純物原子であるボロンがドープされ たり型シリコン系薄膜、またはリンがドープされたn型 シリコン系薄膜などが用いられ得るが、p型シリコン系 蒋膜が好ましい。しかし、この逆導電型圏113につい もよい。また、逆導電型图113の材料としては、非晶 リコンゲルマニウム等の合金材料を用いてもよく、多結 蔣膜が堆積される。この逆導電型圏113としては、た 届もしくは部分的に非晶質を含む微結晶のシリコンまた [0033]光電変換層112上には、1導電型層11 とは逆タイプの逆導電型層 1 1 3 としてのシリコン系 てのこれらの条件は限定的なものではなく、不純物原子 としては、たとえばり型層においてはアルミニウム等で 買シリコンの他に非品質シリコンカーバイドや非品質シ はその合金材料を用いることもできる。

[0034] ここで、裏面電極10の表面1Aが実質的 に平坦である場合でも、その上に堆積される光ជ変換ユ ニット 1 1 が結晶質光電変換層である場合には、その上 面1Bには微細な凹凸を含む装面テクスチャ構造が形成 される。また、裏面電極10の上表面1Aが凹凸テクス Bのテクスチャ構造における微細な凹凸のピッチは、裏 電変換層 1 1 2 がその堆積時に自然に凹凸テクスチャ構 変換ユニット11の上面1Bが、広範囲の波長領域の入 **構造になり、光電変換装置における光閉じ込め効果も大** る。これは、光電変換ユニット11に含まれる結晶質光 造を生じることによるものであり、これによって、光質 討光を散乱させるのに適した微細な表面凹凸テクスチャ チャ構造を有する場合、光電変換ユニット11の上面1 面電極10の上面1Aのそれに比べて小さくなってい

こ、ITO、SnO2 およびZnOから選択された1以 [0035]光電変換ユニット11の積層が終了した後 形成される。光電変換ユニット11が装面凹凸構造を有 する場合、前面透明電極2の光電変換ユニット側の面に 上の層を含む透明導電性酸化膜が前面透明電極2として

てもよい。

換ユニット側の面も凹凸の高低差か0.01~2μmの **造を生じる傾向を有している。前面迸明短極2の光電変 範囲内にあるとともに、凹凸のピッチがその高低差より** た、前面透明電極2自体も、その製膜時に表面に凹凸構 はその表面凹凸構造に従った凹凸構造が形成される。

徴装置の場合、反射性金属膜102か前述の凹凸の商低 く発現される。この場合、前面透明電極2は反射性金属 て、反射性金属膜102または前面透明電極2のいずれ か一方あるいは双方が前述の凹凸の高低差とピッチを有 していれば本発明の効果が発現する。図1の薄膜光電変 楚とピッチを有する場合に本発明の効果はもっとも大き 大きくかつ25倍以下の範囲内にあることが好ましい。 【0036】なお、本発明の第1の実施の形態におい **費102と同様な凹凸の高低差とピッチを有するか、** らに微細な凹凸構造を有することが好ましい。

配極3として、A1、Ag、Au、CuおよびPtから **超択された少なくとも1以上の金属またはこれらの合金** の層を含む櫛型状の金属電極が形成されて、光電変換装 において、光電変換されるペき光4は前面透明電極2側 【0037】さらに、この包固遊馬亀橋2上のグリッド **置か完成する。このようなシリコン系薄膜光電変換装置**

置を示している。なお、図1と2において、同一の参照 の層を含む透明導電性酸化膜が用いられうる。これらの コン系薄膜光電変換ユニット11が形成される。光電変 ットと同様のものか用いられ得る。光入射倒の導電型層 **得る第2の実施の形態によるシリコン系薄膜光ជ変換装 番号は互いに対応する部分を示している。図2の薄膜光** 電変換装置では、ガラス等の透明な基板 1 上に前面透明 電極2 か形成される。光電変換されるベき光4は透明な 基板1側から入射される。前面透明電極2の材料として 材料のうち、通過率、導電率および化学安定性の観点が 【0038】図2は、図1の第1の実施の形態に代わり はITO、SnO2およびZnOから選択される1以上 らはSnO2が特に好道であり、加工性、英電率および って基板1上に形成され得る。前面透明館極2上にシリ 換ユニット11としては、図1に示された光電変換ユニ は、真空蒸着、熱CVDまたはスパッタなどの方法にJ 送過率の観点からはITOも好道である。透明電極2 113としてはp型が好ましい。

【0039】光電変換ユニット11上に裏面電極10と 面電極10としては、光反射性金属膜102と透明導電 して、光反射性金属膜102が形成される。しかし、裏 性酸化膜103を含む複合膜が好ましい。 すなわち、裏 面電極10も、図1に示されたのと同様のものが用いら 【0040】図2の薄膜光電変換装置の場合、前面透明 2 μmの範囲内にあるとともに、凹凸のピッチがその高 電極2かシリコン系薄膜光電変換ユニット11側の面に おいて表面凹凸構造を有し、凹凸の高低差が0.01~

発明の効果が最も大きく発現される。この場合、反射性 金属膜102は前面透明電極2と同様な凹凸の高低差と ピッチを有するか、さらに微細な凹凸構造を有すること **玉楚より大きくかつ25倍以下の範囲内にあるときに本**

習からなる 周を形成することによって 装面を綴やかな凹 は、基板1の表面にエッチングなどにより凹凸構造を形 **销した後に、遠元雰囲気下などでエッチング処理、プラ** ズマ処理、電子線処理、コロナ処理などにより所鎮の線 やかな凹凸構造に加工する方法、または怠峻な凹凸設面 成し、その上に薄い透明電極2を形成して、透明電極2 法、基板 1 上に急峻な凹凸表面を有する透明電極層を堆 を有するSn02からなる下層上に2n0等の他の時間 の表面を基板 1の凹凸構造に沿った凹凸構造にする方 【0041】このような前面透明電極の表面凹凸構造 5.構造にする方法等によって得られる。

0℃以上、好ましくは約450~550℃に設定し、S nC14、02、CH30H、HF、H20などを原料とし 坂温度や各原料の導入量を変化させることによって表面 の凹凸構造をある程度顕整することができる。また、S エッチングすることにより、所盛の綴やかな凹凸構造を [0042] たとえば、まず下地基板1の温度を約35 得ることができる。この際、Zn森岩量を変えてエッチ ング昼を変化させることにより、表面凹凸構造を開整す て常圧熱CVDによりSnO2からなる透明電極2を形 成する。SnO2の場合、たとえば常圧熱CVD時に基 nO2層上にZn層を蒸着した後、HC1などを用いて ることができる。

蕁膜光電変換装置が説明される。図3のタンデム型光電 変換装置においては、基板1上の複数の周201~20 本発明の第3の実施の形態によるタンデム型シリコン系 3および211~213が、図1の基板1上の複数の周 101~103および111~113に対応して回接に 【0043】次に、図3の模式的な断面図を参照して、 8成される。

こ前方光電変換ユニットとしての第2のユニット22が さらに重ねて形成される。第2の光電変換ユニット22 **教結晶または非晶質のシリコン系薄膜221、実質的に** 【0044】しかし、図3のタンデム型光電変換装置に おいては、後方光電変換ユニットとして結晶質シリコン は、プラズマCVD法にて頤次堆積された第1苺電型の 員性半時体である非晶質シリコン系薄膜光電変換留22 2、および逆導電型の微結晶または非晶質のシリコン系 **導膜223を含んでいる。第2の光電変換ユニット22** 上には、前面透明電極2および櫛型金属電極3が図1の **系光電変換層を含む第1のユニット21を用い、この上** 場合と同様に形成され、これによって図3に示されてい るようなタンデム型光電変換装置か完成する。

[0045] 図4は、図3の第3の実施の形態に代わり **用る第4の実施の形態によるタンデム型光電変換装置を**

その膜厚は1.5 mmにされた。この結晶質光電変換層 れた水素含有量は2.3原子%であり、X級回折におけ

112において、2次イオン質量分析法によって求めら る (220) 回折ピークに対する (111) 回折ピーク [0049]このような実施例1による光電変換装置に 入射光4としてAM1. 5の光を100mW/cm2の

示している。図3と4の光電変換装置の関係は、図1と 2の関係に類似しており、図3と4中の同一の参照毎中 は互いに対応する部分を扱わしている。

[0046]以下において、本発明のいくつかの実施例 によるシリコン系薄膜光電変換装置か比較例による光電 変換殺倒とともに説明される。

の強度比は 0.084であった。

【0047】 (奥施例1) 図1を参照して説明された第 |の実施の形態に対応して、シリコン系薄膜光電変換装 団が実施例1として作製された。この実施例1において は、ガラス基板1上に裏面電極10が形成された。裏面 電極10は、頃次堆積された厚さ20nmのTi周10 1、厚き300nmのAg周102、および厚き100 nmのZnO層103を含んでいる。これらのうち、光 反射性金属膜として働くAg图102は、真空蒸着によ って堆積された。裏面電極10上には、シリコン系薄膜 **光電変換ユニット11に含まれるn型層111、ノンド** ープの結晶質シリコン系光電変換層112、およびp型 と、光電変換ユニット11上の前面電極2としては厚さ 80nmの透明等電性ITO膜が形成され、その上に電 **習113がブラズマCVD法によって形成された。ま** 流取出し用の梅型Ag電極3が形成された。

【0050】 (実施例2~5および比較例1~2) 実施 例2~5および比較例1~2においては、光反射性金属 蔣膜であるAg磨102を形成する際の下地温度と蒸営 **速度を変化させることによってその表面凹凸状態が穏々**

光量で開射したときの出力特性においては、関放端電圧

が0. 550V、短絡低液密度が22. 5mA/c

m²、曲線因子が76.8%、そして変換効率が9.5

0%であった。

に変えられたこと以外は、奥施例1と同じ方法と条件の Fでシリコン系薄膜光電変換装配が作製された。得られ の光電変換特性とともに表1に示されている。なお、表

1においては、実施例1に関する結果も示されている。

ピッチ、およびピッチ/商低差が、光電変換装置の種々

たA 8 層 1 0 2 の表面凹凸構造における凹凸の髙低差。

【0048】光虹変換ユニット11に含まれるノンドー プの結晶質シリコン系光電変換層112は300℃の下 也温度の下でRFブラズマCVD法によって堆積され

[0051]

G 5 8 74.5 7.22 75. 5 S 21.0 22.2 21.1 뗭 23.2 短 克 0.482 0.530 0.511 벋 ε アッチ ||以第 8.0 21.8 13.2 a アッチ 8 8 8 202 8 古紙口 A G 22 33 E 比爾部 比较别2 双拉克马 7000 C 120 ft 2 NI CONTRACTOR SCHOOL

[0052] 図5のグラフでは、実施例1~3による光 **電変換装置における光吸収特性が示されている。すなわ** ち、このグラフにおいて、樹柏は光の波長を表わし、縦 の厚さが比較的薄い1.5 μmに設定されたのは、60 0~1000nmの長波長額域における光閉じ込め効果 た、実線の曲線A、点線の曲線Bおよび一点鎖線の曲線 Cは、それぞれ実施例1、2および3による光電変換装 **置における分光感度特性を表わしている。なお、いずれ** の実施例と比較例においても、結晶質光電変換图112 [0053]表1と図5のグラフから理解されるよう **油は光電変換装置の外部量子効率を表わしている。ま** の影響を大きくして確認しやすくするためである。

おらず、AB層102の表面凹凸におけるピッチ/商低 差の比率が約10~20の範囲内で比較的高い値を示し 図5に示された分光感度特性の傾向と必ずしも一致して [0055]ところで、比較例1と2では、それぞれ、 [0054] 他方、表1に示されている開放端電圧は、 まっていることを扱わしている。

らの比較例においても、よりなだらかな表面凹凸を含む Ag 图102の表面凹凸におけるピッチ/高低差の比率 が極端に小さな場合と大きい場合が示されている。これ 比較例2の方が、高い開放端電圧値を示している。ただ し、図5に示されているのと同様な分光密度特性の測定 結果によれば、比較例2の方が比較例1に比べて光閉じ 込め効果が低くなっていた。また、原因は明らかではな

に、Ag图102の装面凹凸におけるピッチ/商低差の

七年が小さくなるほど、すなわち製面の凹凸が激しくな るほど600~1000nmの長波長領域における外部

奥施例に比べて却って光明じ込め効果が低くなるという ハか、比較例 1のように表面凹凸状態が激し過ぎても、

倍より大きくて25倍以下であることが好ましく、4~ めにある程度凹凸構造を有することが望まれるが、その 凹凸の高低差が大き過ぎて凹部と凸部の角度が鋭くなれ は、その上に形成される光電変換ユニット11内の半導 **田や製造歩留まりの低下を招くことになる。このような** メータには、遠切な範囲が存在することがわかる。すな わち、その表面凹凸状態は、0.01~2μmの範囲内 【0056】以上のように、光を反射する金属薄膜10 2の表面は光電変換ユニット11内に光を閉じ込めるた 体接合の形成かうまくいかず、光虹変換装置の開放蟷電 ことから、光反射性金属膜102の表面凹凸状態のパラ の高低差を有し、かつ凹凸のピッチ/高低差の比率か1

【0057】(奥施例6)図3を参照して説明された本 ンデム型光電変換装配においては、ガラス基板1上の要 **素201~203および2·11~213が、実施例1の** 対応する要素101~103および111~113と同 様に形成された。ただし、結晶質シリコン系光電変換層 2 1 2 の膜厚は、3.0 μmの厚さに設定された。後方 **換图222、およびp型图223を含んでいる。非晶質** 第2の光電変換ユニット22上には、実施例1の場合と 発明の第3の実施の形態に対応して、実施例6としてタ ンデム型光電変換装置が作製された。この実施例7のタ 前方光電変換ユニットとしての第2のユニット22かさ **頭次積層されたn型層221、非晶質シリコン系光電変** 光電変換ユニットとしての第1のユニット21上には、 光電変換層222の厚さは、300mmに設定された。 らに債閥された。この第2の光電変換ユニット22は、 同様に、透明前面電極2と櫛型Ag電極3が形成され [0058] このような実施例6による非晶質/結晶質 型のタンデム型シリコン系薄膜光電変換装置に対して入 線因子が13.5%、そして変換効率が13.6%であ 1. 42V、短格電流密度が13.0mA/cm²、曲 射光4としてAM1.5の光を100mW/cm²の光 量で開射したときの出力特性としては、開放磁電圧が

量子効率が高くなっており、これは光閉じ込め効果が高

[0059]以上のように、本発明によれば、高い光閉 じ込め効果と高い開放蟷電圧を兼ね備えたシリコン系導 **摸光電変換装置を提供することができ、シリコン系薄膜** 光電変換装置の低コスト化と高性能化に大きく貢献する

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態によるシリコン系簿 **英光電変換装置を説明するための模式的な断面図であ** 【図2】本発明の第2の実施の形態によるシリコン系薄 膜光電変換装置を説明するための模式的な断面図であ 【図3】本発明の第3の実施の形態による非晶質/結晶 【図4】本発明の第4の実施の形態による非晶質/結晶 質型のタンデム型シリコン系消膜光電変換装配を説明す 5 ための模式的な断面図である。

[図5] 本発明の実施例によるいくつかの光ជ変換装置 こおける外部量子効率の光波長依存性を示すグラフであ るための模式的な断面図である。

質型のタンデム型シリコン系薄膜光電変換装配を説明す

20倍の範囲内にあることがより好ましい。

[符号の説明]

1:ガラス等の基板

:: 透明導電性酸化膜

3:梅型金属電極

4: 照射光

0、20:裏面電極

- 1、2 1:結晶質シリコン系光電変換ユニット

22:非晶質シリコン系光電変換ユニット

.01、201:Ti等の金属膜

102、202:AB等の金属膜

103、203:ZnO等の透明等電性酸化膜

111、211、221:1 海塩型周

112、212:結晶質シリコン系光電変換層 222:非品質シリコン系光電変換層

113、213、223:逆導電型層

IA、2A:下地電極の上装面

1B、2B:結晶質シリコン系光電変換ユニットの上表

8

